

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Камень бросают с вышки со скоростью $V_0 = 8$ м/с под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью $2,5V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

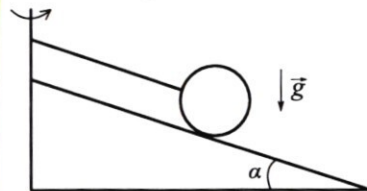
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 5m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

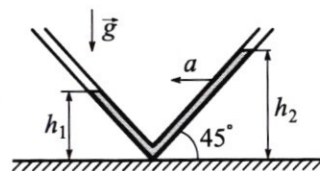
3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленах трубки устанавливаются на высотах $h_1 = 8$ см и $h_2 = 12$ см.

- 1) Найдите ускорение a трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью V будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?



Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°C и давлении $P = 8,5 \cdot 10^4$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 4,7$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

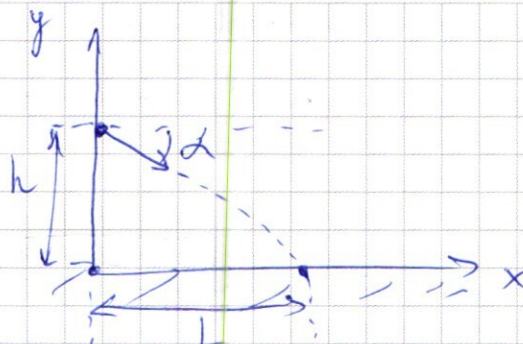
ЗСЭ:

h - высота вышки

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{m(2,5v_0)^2}{2} \quad | :2$$

$$v_0^2 + 2gh = 6,25v_0^2$$

$$h = \frac{5,25v_0^2}{2g} = 2,625 \frac{v_0^2}{g} = \frac{2,625 v_0^2}{8g} = 13,6 \text{ м} \approx 16,8 \text{ м}$$



П.к. по горизонтальной оси на камень не действуют силы, поэтому она не изменяется.

$$v_x^2 + v_y^2 = v^2 \quad (v - \text{конечн. ск. - то})$$

$$v_y = \sqrt{v^2 - v_x^2} = \sqrt{6,25v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha} = v_0 \sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} = v_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$t_{\text{полета}}$ - время полета.

П.к. камень все время сближался к Земле, то его координаты вниз к горизонту

$$oy: -v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = -h$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = h$$

$$\frac{gt^2}{2} + v_0 \sin \alpha \cdot t - h = 0$$

$$t = \frac{-v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g}$$

$$t_2 = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g} \quad (\text{т.к. } t > 0)$$

$$t = \frac{-8 + \sqrt{64 + 2 \cdot 168}}{10}$$

$$t = \frac{-8 + \sqrt{400}}{10} = 1,2 \text{ (с)}$$

$$L = v_0 t \cdot \sin \alpha \cos \alpha = \frac{v_0 t}{2} = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ (м)}$$

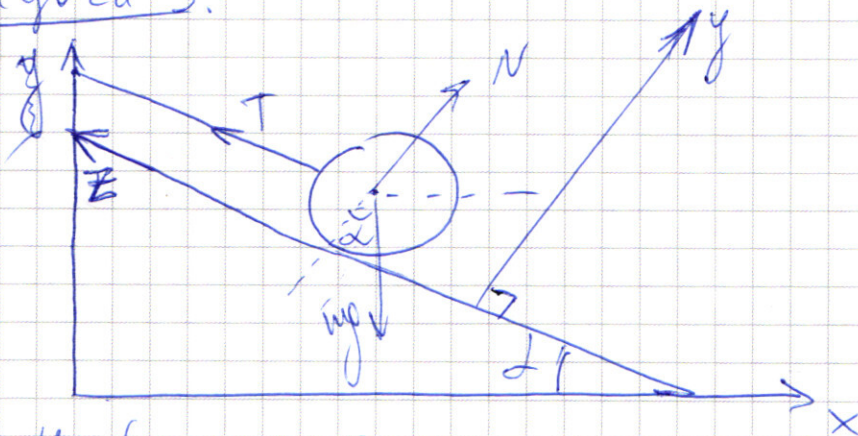
$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}{g^2}} \quad (\text{т.к. } t > 0)$$

$$t = \frac{8 \sin \alpha + \sqrt{64 \cdot \frac{3}{4} + 336}}{10} = \frac{-4\sqrt{3} + 8\sqrt{6}}{10} = \frac{4\sqrt{3}(\sqrt{6} - 1)}{5} = \frac{4\sqrt{3}(\sqrt{6} - 1)}{5} \text{ (сек)}$$

$$t = \frac{-4\sqrt{3} + \sqrt{64 \cdot \frac{3}{4} + 336}}{10} = \frac{-4\sqrt{3} + 8\sqrt{6}}{10} = \frac{2\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \text{ (с)}$$

$$L = v_0 t \cdot \cos \alpha = \frac{v_0 t}{2} = \frac{8\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{10} = \frac{4\sqrt{3}(2\sqrt{2} - 1)}{5} \text{ (м)}$$

Задача 3.



1) Маг покатает;
 II з.и: где маг
 0x: $N \sin \alpha - T \cos \alpha = 0$

0y: $N \cos \alpha - mg = 0$

$$mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$$

$$T = mg \sin \alpha$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = \omega(R+L)$$

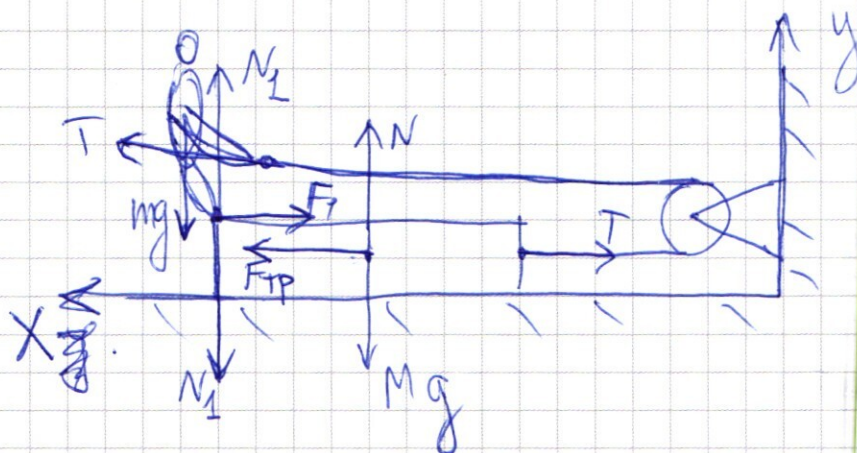
$$a = \omega^2(R+L)$$

$\Sigma \vec{F} = 0$

оу: $ma = T - mg \sin \alpha$

$$T = m(a + g \sin \alpha) = m(\omega^2(R+L) + g \sin \alpha)$$

Задача 2.



1) $\Sigma \vec{F} = 0$ для ~~дески~~ человека.

оу:

$$|P| = |N|$$

$$N = Mg + N_1$$

$$P = N = (M+m)g$$

$$P = (m+M)g$$

($N_1 = mg$; $\Sigma \vec{F} = 0$ для человека)
оу:

2) $F_{\min}$ - при $a = 0$.

$$T = F_{\text{тр}}$$

$\Sigma \vec{F} = 0$ для человека

оx: $F_{\text{тр}} - T = 0$

~~$$F_{\text{нпр}} = \mu N$$~~

~~$$T = F_0$$~~

~~$$F_0 = \mu(m+M)g$$~~

$F_{\text{нпр}}$ при $a=0$.

II З.Н. для человека:

ох: На человека действует T нити, для того, чтобы он оставался в покое относительно ящика и ехал с ним. он давит на ящик с силой F_1 , на человека действует такое по модулю F_1

II З.Н. ОХ!

$$-T + F_1 = 0$$

$$F_1 = T$$

II З.Н. для ящика

ОХ!

~~$$F_{\text{нпр}} = T + F_1$$~~

$$F_{\text{нпр}} - T - F_1 = 0$$

$$F_{\text{нпр}} = 2T$$

$$\mu g(m+M) = 2T$$

$$F_0 = T$$

$$F_0 = \frac{\mu g(m+M)}{2} = 3\mu mg$$

3) II З.Н. для ящика и человека на нем

ОХ: $(m+M)a = 2F - F_{\text{нпр}}$

$$a = \frac{2F - \mu \cdot 6mg}{6m}$$

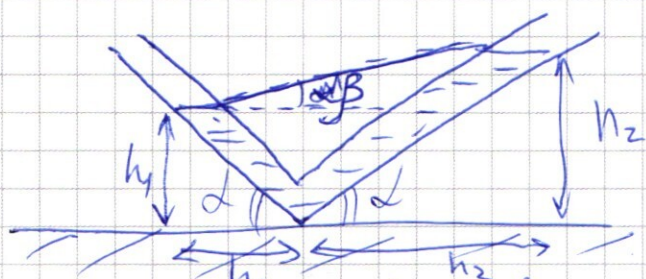
$$a = \frac{F - 3\mu mg}{3m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

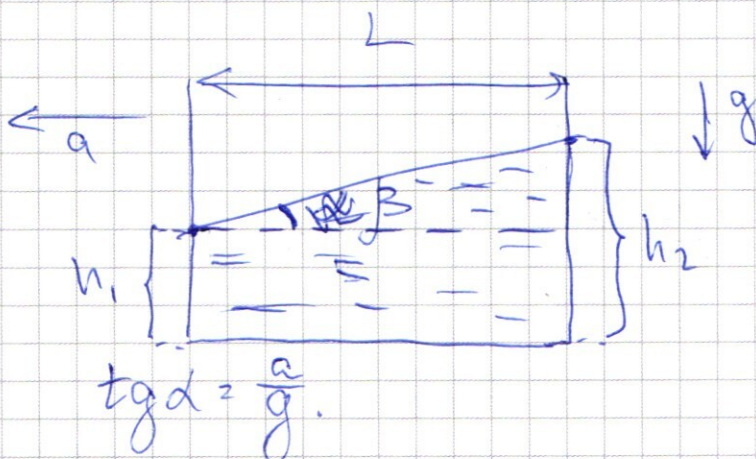
$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a}$$

$$S \quad v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2S \cdot \frac{F - 3\mu mg}{3m}} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

Задача 4



Трубку можно представить в виде цилиндрического сосуда, у которого наклонён уровень масла.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}$$

$$a = g \operatorname{tg} \alpha$$

П.к. при основании угол трубки по 45° ,
то расст. $L = (h_1 + h_2) \operatorname{tg} \alpha = h_1 + h_2$

$$a = \operatorname{tg} \beta \cdot g = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

2) v -max когда ~~меньше~~ ~~то~~ ~~меньше~~ перестанет
различаться (горизонтального = 0) - это значит
когда уровни в каленах равны: $x = \frac{h_1 + h_2}{2}$ и давай-
те.

$$\frac{mv^2}{2} = mg(h_2 - \ast)$$

$$v^2 = 2g(h_2 - \frac{h_1 + h_2}{2})$$

$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$$

Задача 5.

$$1) pV = \nu RT$$

$$p \cdot V = \frac{m}{M} RT$$

$$\frac{p_{\text{пара}}}{p} = \frac{m_{\text{п}}}{Vp} = \frac{pM}{RTp} = 0,5 \cdot 10^{-3} \approx 5 \cdot 10^{-4}$$

$$2) \frac{p_1 V}{p} = \frac{RT}{M} \left(\frac{m_{\text{п}}}{p} + m_{\text{в}} \right)$$

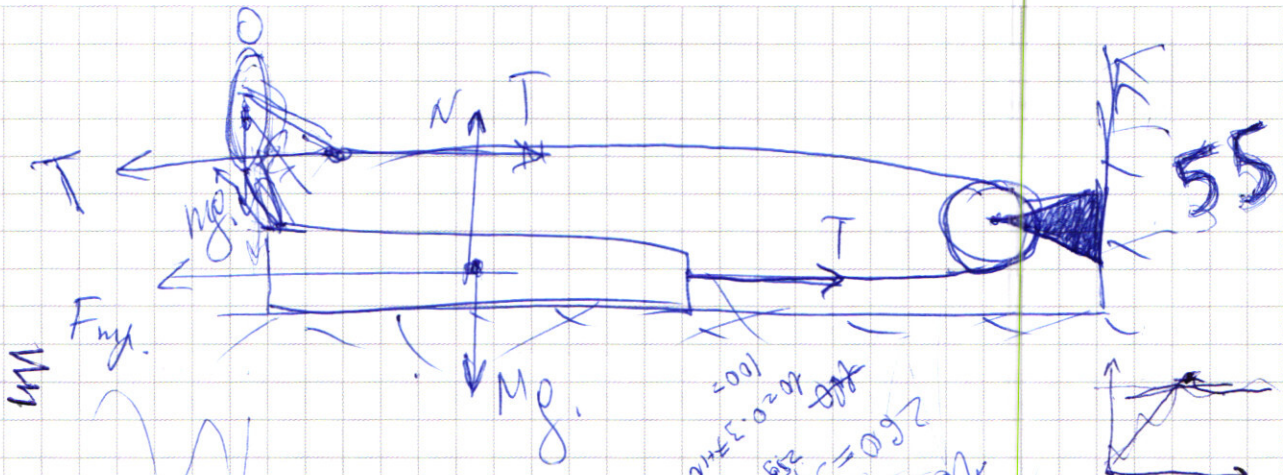
П.к. процесс изотермич. и медленный, то

$$\frac{p_1 V}{p} = pV \text{ и } \frac{m_{\text{п}}}{M} RT = \left(\frac{m_{\text{п}}}{p} + m_{\text{в}} \right) \frac{RT}{M}$$

$$m_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}}}{p} + m_{\text{в}}$$

$$m_{\text{п}} \left(1 - \frac{1}{p} \right) = m_{\text{в}}$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{в}}} = \frac{1}{1 - \frac{1}{p}} = \frac{p}{p-1} = \frac{47}{37} \approx 1,27$$

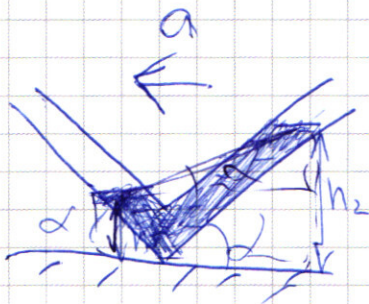


$$1) (m+M)g$$

$$2) F_{frp} = T$$

$$(m+M)g = F_0$$

$$3) a = \frac{v^2}{2S}$$



$$\tan \alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1} \Rightarrow a = g \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

$$v = \sqrt{g(h_2 + h_1)}$$

$$p_n = \frac{m_n}{V} = \frac{p_{n,0}}{RT} = \frac{8.5 \cdot 10^{-2} \cdot 368}{1.8 \cdot 10^{-2} \cdot 368} = \frac{8.5 \cdot 10^{-2}}{1.8 \cdot 10^{-2}}$$

$$p_n = \frac{m_n}{V} = \frac{p_{n,0}}{RT}$$

$$F_{frp} - 2T = 0$$

$$pV = \frac{m_n}{M} \cdot RT$$

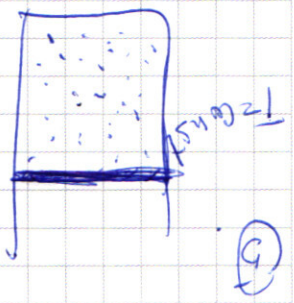
$$pV = \frac{(m_n + m_0)RT}{M}$$

$$p \cdot V = 1$$

$$p = 8.5 \cdot 10^{-2} \text{ атм}$$

$$T = 95^\circ \text{C} = (373 - 5) \text{ К} = 368 \text{ К}$$

$$pV = \frac{m_n}{M} RT$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{pV}{\gamma} = \frac{(m_n + m_b)}{\gamma} RT$$

$$\frac{pV}{\gamma} = \frac{m_n + m_b}{\gamma} RT$$

$$m_b = \frac{pV\gamma}{RT} - \frac{m_n}{\gamma} = \left(\frac{pV\gamma}{RT} - \frac{m_n}{\gamma} \right)$$

$$\frac{V_n}{V_b} = \frac{V}{\gamma}$$

$$pV = \frac{m_n}{\gamma} RT$$

$$\frac{m_n + m_b}{\gamma} RT = \frac{m_n}{\gamma} RT$$

$$m_n - \frac{m_n}{\gamma} = m_b$$

$$\frac{m_n}{m_b} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} = 1$$

$$\frac{m_n}{\gamma} + m_b = m_n$$

$$m_n \left(\frac{\gamma}{\gamma} - \frac{1}{\gamma} \right) = m_b$$

$$m_n \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) = m_b$$

$$\frac{m_n}{m_b} = \frac{\gamma}{\gamma - 1}$$



черновик

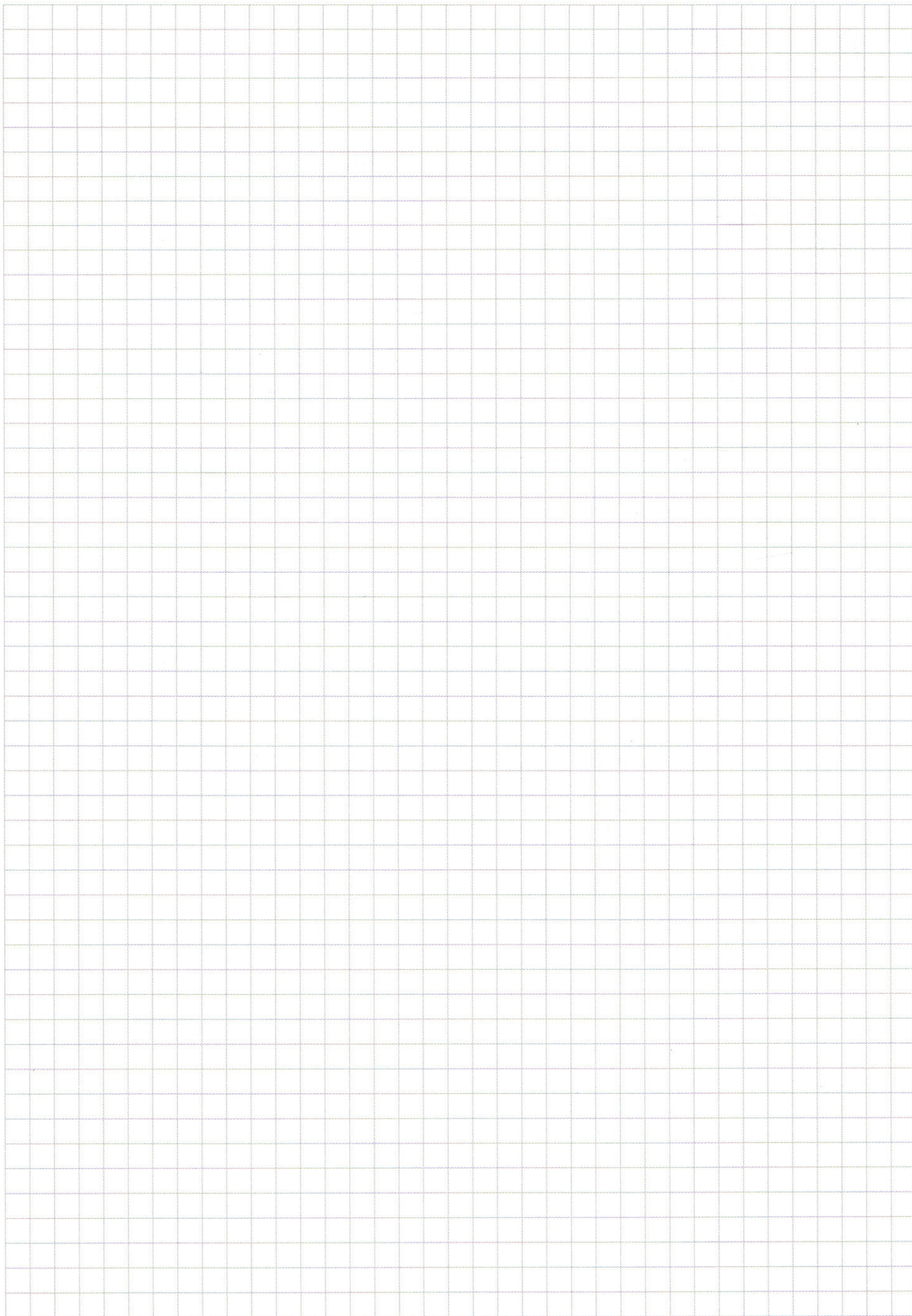


чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)